

Inhaltsverzeichnis

1 **Physikalische und technische Grundlagen**

Erwin Stolz und Gerhard-Michael von Reutern

- 1.1 **Ultraschallphysik** · 1
- 1.2 **Ultraschall-Gewebe-Interaktion** · 2
 - 1.2.1 Ultraschallabschwächung · 2
 - 1.2.2 Ultraschallreflexion und -brechung · 2
 - 1.2.3 Ultraschallstreuung · 3
 - 1.2.4 Ultraschallausbreitung in biologischen Geweben · 3
- 1.3 **Ultraschallerzeugung und -aussendung** · 4
 - 1.3.1 Richtungscharakteristik ausgesandten Ultraschalls · 4
 - 1.3.2 Transducer mit kontinuierlicher Schallemission · 5
 - 1.3.3 Transducer mit gepulster Schallemission · 5
- 1.4 **Dopplerverfahren** · 8
 - 1.4.1 Einfluss des Beschallungswinkels · 9
 - 1.4.2 Messprobleme bei gepulster Dopplersonographie, Alias-Effekt · 10
- 1.5 **Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise von Dopplergeräten** · 11
- 1.6 **Analyse und Darstellung des Dopplerfrequenzspektrums** · 12
- 1.7 **B-Bild-Sonographie** · 16
 - 1.7.1 B-Bild-Verfahren, B-Mode · 16
 - 1.7.2 M-Mode-Verfahren · 17

2 **Anatomie des Hirnkreislaufs** · 32

Hans Joachim von Büdingen und Gerhard-Michael von Reutern

- 2.1 **Extrakranielle Hirnarterien** · 32
 - 2.1.1 Karotissystem · 32
 - 2.1.2 Vertebrobasiläres System · 35
- 2.2 **Intrakranielle Hirnarterien** · 36

3 **Anatomie und Pathologie der Hirngefäße**

Manfred Kaps und Hans Joachim von Büdingen

- 3.1 **Wandaufbau der Hirnarterien** · 40
- 3.2 **Darstellung der normalen Gefäßwand, Intima-Media-Dicke** · 40
- 3.3 **Pathologische Wandveränderungen** · 42

ragen der Ultraschallanwendung · 1

- 1.7.3 Tissue Harmonic Imaging · 17
- 1.7.4 Schallköpfe für die B-Bild-Darstellung, Scan-Systeme · 18
- 1.8 Farbduplexsonographie · 19**
- 1.8.1 Richtungssensitive Frequenz- bzw. Geschwindigkeitskodierung · 19
- 1.8.2 Amplituden- oder intensitätsgewichtete Darstellung, Power-Mode · 22
- 1.8.3 B-Flow-Verfahren · 23
- 1.8.4 Echokontrastverstärkerspezifische Ultraschallverfahren · 23
- 1.9 Flussvolumenmessung · 24**
- 1.10 Artefakte der Duplex- und Farbduplexsonographie · 24**
- 1.10.1 B-Bild-Artefakte · 24
- 1.10.2 Artefakte der Farbduplexsonographie · 28
- 1.11 Bioeffekte und Sicherheit der diagnostischen Ultraschallanwendung · 29**
- 1.11.1 Potenzielle Schädigungsmechanismen · 29
- 1.11.2 Biophysikalische Sicherheitsindizes · 30
- 1.11.3 Empfehlungen zur Anwendung von diagnostischem Ultraschall · 31

eutern

- 2.2.1 Karotissystem · 36
- 2.2.2 Vertebrobasiläres System · 38
- 2.2.3 Circulus arteriosus cerebri (Willisi) · 39

efäßwände · 40

- 3.3.1 Arteriosklerose · 42
- 3.3.2 Arteriitis · 46
- 3.3.3 Dissektionen · 46
- 3.4 Intraluminale Thromben · 48**

4 Hämodynamische Grundlagen und S

Hans Joachim von Büdingen und Gerhard-Michael von B

- 4.1 **Beziehungen zwischen Stromstärke, Druck und Strömungswiderstand** · 50
- 4.2 **Strömungsgeschwindigkeit** · 50
- 4.3 **Laminare, turbulente und gestörte Strömung** · 51
- 4.4 **Einfluss der Gefäßgeometrie auf die Strömung und Strömungsgeschwindigkeit** · 52

5 Doppler- und duplexsonographische Hirnarterien (Normalbefunde und F

Gerhard-Michael von Reutern und Hans Joachim von BÜ

- 5.1 **Dopplersonographie** · 61
 - 5.1.1 Allgemeines zur Untersuchungstechnik · 61
 - 5.1.2 Differenzierung der einzelnen Halsgefäße · 64

6 Transkranielle Sonographie – Unters

Erwin Stolz und Hans Joachim von Büdingen

- 6.1 **Gemeinsame Grundlagen der transkraniellen Doppler- und Farbduplexsonographie** · 83
- 6.2 **Methodik der transkraniellen Dopplersonographie (TCD)** · 84
 - 6.2.1 Transtemporale Untersuchung des Circulus arteriosus Willisii · 87
 - 6.2.2 Transnuchale (transforaminale) Untersuchung des vertebrobasilären Systems · 92
 - 6.2.3 Transorbitale Untersuchung der A. ophthalmica (AO) und der A. carotis interna (ACI) · 94
- 6.3 **Methodik der transkraniellen Farbduplexsonographie** · 95

7 Stenose- und Verschlussignale · 10

Manfred Kaps und Gerhard-Michael von Reutern

- 7.1 **Intrastenotische Befunde** · 111
- 7.2 **Poststenotische Befunde** · 111
- 7.3 **Effekte auf den vorgeschalteten Gefäßabschnitt** · 112

Spektrumanalyse • 50

Reutern

-
- 4.5 Strömungspulskurve** • 53
 - 4.6 Dopplerströmungskurven** • 53
 - 4.7 Einfluss strömungsphysiologischer Variablen auf die Spektrumanalyse von Dopplersignalen** • 57
 - 4.8 Qualitative Beschreibung des Frequenzzeitpektrums** • 59

Untersuchungstechnik der extrakraniellen (Fehlermöglichkeiten) • 61

idingen

-
- 5.2 Duplexsonographie der extrakraniellen Hirnarterien** • 76
 - 5.2.1 Farbduplexsonographie der Karotiden • 76
 - 5.2.2 Farbduplexsonographie der Vertebralarterien • 81

Untersuchungstechnik und Normalbefunde • 83

-
- 6.3.1 Transtemporale Untersuchung der basalen Hirnarterien • 95
 - 6.3.2 Transnuchale (transforaminale) Untersuchung der vertebrobasilären Arterien • 99
 - 6.3.3 Transorbitale Beschallung • 99
 - 6.3.4 Frontale Schallfenster • 100
 - 6.3.5 Transkranielle Farbduplexsonographie intrakranieller Venen • 101
 - 6.4 Referenzwerte für intrakranielle Arterien und Venen** • 104
 - 6.5 B-Bild-Sonographie des Hirnparenchyms** • 107

9

-
- 7.4 Rekrutierung nachgeschalteter Kollateralen** • 113
 - 7.5 Hämodynamische Relevanz einer Stenose** • 113
 - 7.6 Dokumentation von Stenosesignalen durch die Spektrumanalyse** • 113

8 Stenosen und Verschlüsse des extrakraniellen

Gerhard-Michael von Reutern und Manfred Kaps

8.1 Verschlüsse der A. carotis interna im Halsabschnitt · 114

- 8.1.1 Dopplersonographische Befunde · 114
- 8.1.2 Farbduplexsonographische Befunde · 116
- 8.1.3 Rekanalisation der A. carotis interna · 117

8.2 Stenosen der A. carotis interna im Halsabschnitt · 117

- 8.2.1 Graduierung von ACI-Stenosen mit der Dopplersonographie · 118
- 8.2.2 Farbduplexsonographie extrakranieller ACI-Stenosen · 122
- 8.2.3 Zuverlässigkeit der Ultraschalldiagnostik im Bereich der Karotisbifurkation · 127

9 Stenosen und Verschlüsse des vertebra-

Günter Seidel und Hans Joachim von Büdingen

9.1 Stenosen und Verschlüsse der A. subclavia · 133

- 9.1.1 Stenose der A. subclavia · 133
- 9.1.2 Verschluss der A. subclavia · 135
- 9.1.3 Befunde an der A. vertebralis (Steal-Effekte) · 135

9.2 Stenosen und Verschlüsse des Truncus brachiocephalicus · 139

10 Untersuchung von extra- und intrakraniellen Stenosen und Verschlüssen

Hans Joachim von Büdingen und Erwin Stolz

10.1 Kollateralsysteme · 154

10.2 Hämodynamik der Kollateralsysteme · 157

10.3 Intrakranielle Kollateralen bei Verschlussprozessen der A. carotis interna · 157

11 Stenosen und Verschlüsse der intrakraniellen

Günter Seidel

11.1 Sonographische Kriterien · 164

11.2 Indirekte Hinweise auf intrakranielle Stenosen oder Verschlüsse · 168

11.3 Stenosen und Verschlüsse der distalen A. carotis interna · 168

Extrakraniellen Karotissystems • 114

- 8.2.4 Besondere diagnostische Probleme: Kontralateraler ACI-Verschluss, Tandemstenose • 128
- 8.2.5 Dissektionen der A. carotis interna • 129
- 8.3 **Stenosen und Verschlüsse der A. carotis externa** • 129
- 8.4 **Stenosen und Verschlüsse der A. carotis communis** • 131
 - 8.4.1 Dopplersonographie bei Stenosen und Verschlüssen der A. carotis communis • 131
 - 8.4.2 Farbduplexsonographie bei Stenosen und Verschlüssen der A. carotis communis • 132
- 8.5 **Dissektion der A. carotis communis** • 132

Vertebrobasilären Systems • 133

- 9.3 **Stenosen und Verschlüsse der Vertebralarterien und der A. basilaris** • 141
 - 9.3.1 Extrakranielle Abschnitte der A. vertebralis • 141
 - 9.3.2 Intrakranielle Abschnitte der Aa. vertebrales und A. basilaris • 148
 - 9.3.3 Intrakranielle Befunde bei Stenosen und Verschlüssen der A. subclavia und des Truncus brachiocephalicus • 152

Intrakraniellen Kollateralsystemen bei extrakraniellen Verschlüssen • 154

- 10.4 **Intrakranielle Kollateralen bei extrakraniellen Verschlussprozessen des vertebrobasilären Systems** • 160
- 10.5 **Bewertung der Effektivität von Kollateralsystemen und klinische Relevanz** • 162

Intrakraniellen Hirnarterien • 164

- 11.4 **Stenosen und Verschlüsse der A. cerebri media** • 171
- 11.5 **Stenosen und Verschlüsse der A. cerebri anterior** • 175
- 11.6 **Stenosen und Verschlüsse der A. cerebri posterior** • 176

12 Gefäßmalformationen • 178
Manfred Kaps und Gerhard-Michael von Reutern

12.1 **Angiome und Fisteln** • 178

12.2 **Aneurysmen** • 183

13 Funktionelle Dopplersonographie • 184
Bernhard Rosengarten, Tibo Gerriets und Erwin Stolz

13.1 **Neurovaskuläre Kopplung** • 184

13.1.1 Funktionsuntersuchungen im Bereich des Posteriorstromgebiets • 184

13.1.2 Funktionsuntersuchungen im Bereich des Medialstromgebiets • 187

13.2 **Zerebrale Autoregulation** • 188

13.2.1 Leg-Cuff-Methode • 188

14 Echokontrastverstärkung • 195
Günter Seidel

14.1 **Grundlagen und Wirkprinzipien** • 195

14.2 **Klinische Anwendungen** • 197

14.2.1 Extrakranielle hirnversorgende Arterien • 197

14.2.2 Intrakranielle hirnversorgende Arterien • 198

14.2.3 Zerebrale Mikrozirkulation • 201

15 Mikroemboliedetektion • 203
Dirk W. Droste

15.1 **Physikalische Grundlagen** • 203

15.2 **Technische Grundlagen** • 203

16 Verlaufs- und Überwachungsuntersuchungen in der neurologischen Intensivstation • 210
Erwin Stolz

16.1 **Akuter Arterienverschluss und Ultraschallbefunde in der Akutphase des Hirninfarkts** • 210

16.1.1 Verschlussdiagnostik in der Akutphase des Hirninfarkts • 210

16.1.2 Kollateralversorgung • 211

16.1.3 Spontane Rekanalisation • 211

16.1.4 Klinische Bedeutung des frühen Gefäßbefunds • 212

16.1.5 Hirnparenchyembefunde beim akuten Schlaganfall • 212

12.3 **Glomustumoren** · 183

84

13.2.2 Kipptischuntersuchungen · 189

13.3 **CO₂-Reaktivität, zerebrovaskuläre Reservekapazität** · 190

13.4 **Offenes Foramen ovale und Rechts-links-Shunt** · 192

14.2.4 Sonographische Messung der zerebralen Transitzeit · 201

14.3 **Sicherheit und messtechnische Besonderheiten beim Einsatz von Echosignalverstärkern** · 201

15.3 **Praktische Durchführung** · 206

15.4 **Klinische Bedeutung** · 206

chungen auf der Stroke Unit und der

16.2 **Lysemonitoring** · 214

16.3 **Subarachnoidalblutung und Vasospasmus** · 216

16.4 **Meningitis und Enzephalitis** · 219

16.5 **Intrakranielle Druckerhöhung und zerebraler Kreislaufstillstand** · 219

17 Ultraschalluntersuchungen im Rahmen

Tibo Gerriets und Hans Joachim von Büdingen

17.1 Karotisendarteriektomie · 223

**17.2 Intraprozedurales Monitoring bei Angioplastie
und Stent-Einlage · 225**

18 Neurochirurgische Applikationen · 228

Michael Woydt

**18.1 Besonderheiten des intraoperativen Ultraschalls
(IOUS) · 228**

**18.2 Einordnung des Ultraschalls als Methode in der
Neurochirurgie · 228**

18.3 Tumoren · 228

18.3.1 Meningeome · 228

18.3.2 Gliome, Resektionskontrolle · 229

18.3.3 Metastasen · 230

18.4 Gefäßmalformationen · 230

18.4.1 Arteriovenöse Malformationen (AVM), Resektions-
kontrolle · 230

19 B-Bild-Sonographie des Hirnparenchym

Günter Seidel

19.1 Intrakranielle Hämatome und Tumore · 236

19.2 Mittellinienverlagerung · 236

20 Nerven- und Muskelsonographie · 240

Henrich Kele und Carl D. Reimers

**20.1 Sonographie bei Erkrankungen des peripheren
Nervensystems · 240**

20.1.1 Untersuchungstechnik · 240

20.1.2 Normaler nervensonographischer Befund · 241

20.1.3 Pathologische Befunde · 242

**20.2 Muskelsonographie bei neuromuskulären
Erkrankungen · 246**

20.2.1 Untersuchungstechnik · 246

21 Experimentelle Anwendungen · 254

Martin Eicke und Günter Seidel

21.1 Parenchymperfusion · 254

21.2 Therapeutischer Ultraschall · 259

21.2.1 Physikalischer Hintergrund · 260

21.2.2 In-vitro-Versuche · 260

n von therapeutischen Eingriffen • 223

- 17.3 Intraoperatives Monitoring während herzchirurgischer Eingriffe** • 226
-
- 18.4.2 Kavernome, Sononavigation • 231
- 18.5 Aneurysmen, Hämodynamikkontrolle** • 232
- 18.6 Hämatome/Notfalleinsatz** • 233
- 18.7 Ventrikel und Zysten, Punktionen** • 233
- 18.8 Spinaler intraoperativer Ultraschall** • 233
- 18.9 Neue Anwendungen (Endosonographie, 3D-Verfahren, Kombination mit Neuro-navigation)** • 233

ns – Pathologische Befunde • 236

- 19.3 Basalganglienerkrankungen** • 238
-
- 20.2.2 Normaler myosonographischer Befund • 248
- 20.2.3 Pathologischer myosonographischer Befund • 248
- 20.2.4 Histopathologisches Substrat myosonographischer Befunde • 249
- 20.2.5 Beitrag der Muskelsonographie zur Diagnose neuromuskulärer Erkrankungen • 249
- 20.2.6 Zusammenfassung • 252
-
- 21.2.3 In-vivo-Versuche • 261
- 21.2.4 Klinische Anwendungen • 262
- 21.2.5 Zusammenfassung und Ausblick • 263

22 Empfehlungen zur Dokumentation neurosonischer Befunde

Erwin Stolz

22.1 Gerätespezifische Empfehlungen • 264 **22.3**

22.2 Basisdokumentation (Minimalanforderung) • 264 **22.4**

23 Wichtige Adressen und Internet-Links • 267

Erwin Stolz

Sachverzeichnis • 268

nographischer Befunde • 264

**Befundbezogene Dokumentation zusätzlich zur
Basisdokumentation** • 265

Schriftliche Befundung • 266